

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Koichiro KOMATSU and Takeo OOMORI

New U.S. Patent Application

Filed: January 12, 2000

Docket No.: 105173

For: SURFACE INSPECTION METHOD, SURFACE INSPECTION APPARATUS, AND  
RECORDING MEDIUM AND DATA SIGNAL FOR PROVIDING SURFACE  
INSPECTION PROGRAM



CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 11-006242, filed January 13, 1999

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

  X   is filed herewith.

           was filed on        in Parent Application No.        filed       .

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini  
Registration No. 30,411

JAO:TJP/epb  
OLIFF & BERRIDGE, PLC  
P.O. Box 19928  
Alexandria, Virginia 22320  
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION  
Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461

6168 US.

34

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC564 U.S. PTO  
09/481503  
01/12/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 1月13日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第006242号

出 願 人

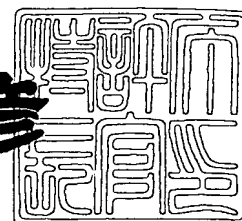
Applicant (s):

株式会社ニコン

1999年12月10日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3086588

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01340

【提出日】 平成11年 1月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 小松 宏一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 大森 健雄

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

【識別番号】 100098165

【弁理士】

【氏名又は名称】 大森 聡

【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019840

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面検査方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検物体の表面に形成されたパターンの検査を行う表面検査方法であって、

前記被検物体の表面に照明光を照射し、互いに異なる複数の回折条件でそれぞれ前記被検物体の表面からの回折光を検出し、

該検出される複数の検出情報の論理和に基づいて前記被検物体の表面のパターンの検査を行うことを特徴とする表面検査方法。

【請求項 2】 前記互いに異なる複数の回折条件のもとで、それぞれ前記被検物体の表面からの所定の回折光を集光して前記表面の像を形成し、該像を画像信号に変換し、

該複数の画像信号のそれぞれから求められる検出情報の論理和に基づいて前記被検物体の表面のパターンの検査を行うことを特徴とする請求項 1 記載の表面検査方法。

【請求項 3】 前記被検物体の表面に照明光を照射する際に、更に前記パターンから求められる設計上の回折条件から外れた条件で前記被検物体の表面からの光を検出し、

該検出結果に基づいて前記被検物体の表面のパターンの検査を行うことを特徴とする請求項 1、又は 2 記載の表面検査方法。

【請求項 4】 被検物体の表面に形成されたパターンの検査を行う表面検査装置であって、

前記被検物体を保持するステージと、

前記被検物体の表面に照明光を照射する照明系と、

前記被検物体からの回折光を検出する受光系と、

複数の互いに異なる回折条件のもとで前記被検物体の表面からの回折光を前記受光系に導くために、前記ステージの傾斜角、前記照明系の位置、及び前記受光系の位置の少なくとも一つを可変とする駆動系と、

前記受光系にて前記複数の回折条件のもとで得られる検出情報の論理和を求め

る演算系と、を有することを特徴とする表面検査装置。

【請求項 5】 被検物体の表面に形成されたパターンの検査を行う表面検査装置であって、

前記被検物体の表面に可変の第 1 の入射角で照明光を照射する第 1 照明系と、

前記被検物体の表面に前記第 1 の入射角よりも大きい第 2 の入射角で、スリット状の光源からの照明光を照射する第 2 照明系と、

前記被検物体の表面からの照明光を検出する受光系と、

該受光系による検出情報の論理和を求める演算系と、を有することを特徴とする表面検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば被検物体の表面に形成された微細な周期的パターンに付着した異物、若しくはその傷、又はそのパターンの線幅異常、膜厚異常等の欠陥を検査するための表面検査方法及び装置に関し、特に A S I C 等の半導体ウエハや液晶表示パネル等の検査を行う場合に使用して好適なものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体デバイス、液晶表示パネル、又は薄膜磁気ヘッド等を製造する際には、例えば所定のレイヤの回路パターンが形成された段階、及び最終的に全てのレイヤの回路パターンが形成された段階等で、半導体ウエハや液晶パネル等の基板の表面に形成された微細なパターンに付着した異物等、及びそのパターンの線幅異常等の欠陥の有無を検査する必要がある。従来、この種の検査は、検査員が被検基板をマクロ照明装置と呼ばれる光源からの照明光にかざして、目視にてその基板の表面からの散乱光や回折光を観察することによって行われていた。

【0 0 0 3】

ところが、このような目視による検査では、検査員の熟練度や検査環境に大きく影響を受けてしまう。そこで、特開平 8 - 7 5 6 6 1 号公報において、被検基板からの反射光（散乱光や回折光）を受光光学系を介して光電検出器で受光し、

この光電検出器の検出信号を画像処理することによって、異物等を識別するようにした検査装置が提案されていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記の如く、従来の検査装置では、被検基板から所定方向に反射される光を受光することによって、その基板上のパターンの欠陥等を検出していた。そのため、例えばDRAMのように、検査対象のパターンが、その基板の全面でほぼ所定ピッチの1種類の周期的パターンとみなせる場合には、その全面での欠陥等の分布を迅速に検出することができた。

【0005】

これに対して、最近、いわゆるLogic-ICやASIC(application-specific IC:特定用途向けIC)のように、半導体ウエハ上の各チップ領域(ショット領域)にそれぞれ多種類の回路パターンがそれぞれ異なる配列で形成されるデバイスの検査を行う必要性が生じている。このようなデバイスでは、被検基板上に形成されている互いに異なるピッチの複数種類の周期的パターンが検査対象となるため、被検基板に対する光学系の位置関係が一定である場合には、特定ピッチの周期的パターンから回折光のみしか得られないため、その特定ピッチの周期的パターンの欠陥等を検出できなくなる恐れがあった。

【0006】

更に、例えば半導体ウエハの表面、又はパターンの下層には保護膜等の薄膜が形成されていることがあるため、薄膜干渉の影響等によって特定次数の回折光の強度が小さくなる場合がある。このため、従来の検査装置で、その特定の次数の回折光のみを受光するように設定していると、回折光量が弱くなって、その周期的パターンの欠陥等を見逃す確率が高くなるという不都合がある。

【0007】

本発明は斯かる点に鑑み、被検物体上に形成されている1種類、又は複数種類のパターンの欠陥等を確実に検出できる表面検査方法を提供することを第1の目的とする。

更に本発明は、そのようなパターンの欠陥等を効率的に検出できる表面検査方

法を提供することを第2の目的とする。

【0008】

更に本発明は、そのような表面検査方法を容易に実施できる表面検査装置を提供することを第3の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明による表面検査方法は、被検物体（5）の表面に形成されたパターン（23A, 23B）の検査を行う表面検査方法であって、その被検物体の表面に照明光を照射し、互いに異なる複数の回折条件でそれぞれその被検物体の表面からの回折光を検出し、このように検出される複数の検出情報の論理和に基づいてその被検物体の表面のパターンの検査を行うものである。

【0010】

斯かる本発明によれば、例えばその被検物体の表面に対する照明光の入射角、及びその表面からの光の受光角の少なくとも一方を変化させることによって複数の回折条件を設定し、各回折条件でそれぞれ回折光を検出する。従って、例えばその表面に1種類の周期的パターンが形成されており、薄膜干渉等の影響によってこの周期的パターンからの或る次数の回折光の強度が弱くなっても、別の回折条件の回折光の検出信号によってその周期的パターンの存在を確認することができる。それぞれの検出信号の強度が他の部分と異なる部分は、異物が付着しているか、又は欠陥が生じているとみなすことができる。そして、これらの複数の次数の回折光の検出信号による個々の欠陥等を示す検出情報（例えば2値データ化されている）の論理和より、その被検物体の全面の欠陥等の分布を求めることができる。

【0011】

一方、その表面に複数種類の周期的パターンが形成されている場合、互いに回折角の異なる複数の回折光が発生するが、例えば或る回折条件では所定の周期的パターンからの回折光の強度が弱いときであっても、別の回折条件をその周期的パターンからの回折光を受光するように設定して、各検出情報の論理和を求めることによって、複数種類の周期的パターンの欠陥等の検出を一度に行うことがで



きる。

【0012】

この場合、互いに異なる複数の回折条件のもとで、それぞれその被検物体の表面からの所定の回折光を集光してその表面の像を形成し、この像を画像信号に変換し、この複数の画像信号から得られる検出情報の論理和に基づいてその被検物体の表面のパターンの検査を行うことが望ましい。その表面の像を形成することによって、その表面の全面での部分的な欠陥等を一度に効率的に検出することができる。

【0013】

その被検物体の表面に照明光を照射する際に、更にそのパターンから求められる設計上の回折条件から外れた条件でその被検物体の表面からの光を検出し、この検出結果に基づいてその被検物体の表面のパターンの検査を行ってもよい。異物や傷がある場合に、その欠陥等からは散乱光が発生し、この散乱光はその設計上の回折条件から外れた条件でのみ検出できる。

【0014】

次に、本発明による第1の表面検査装置は、被検物体(5)の表面に形成されたパターンの検査を行う表面検査装置であって、その被検物体を保持するステージ(6)と、その被検物体の表面に照明光を照射する照明系(1~4)と、その被検物体からの回折光を検出する受光系(12~15)と、複数の互いに異なる回折条件のもとでその被検物体の表面からの回折光をその受光系に導くために、そのステージの傾斜角、その照明系の位置(傾斜角を含む)、及びその受光系の位置(傾斜角を含む)の少なくとも一つを可変とする駆動系(8)と、その受光系にてその複数の回折条件のもとで得られる検出情報の論理和を求める演算系(10)と、を有するものである。斯かる検査装置によれば、本発明の表面検査方法を実施できる。

【0015】

なお、上記の本発明による第1の表面検査装置における照明系(1~4)は、被検物体の表面を照射する照明光の波長が選択可能、又は変更可能となるように構成されることが望ましい。これにより、駆動系の負荷を軽減が図れたり、ある

いは被検物体の表面にレジスト等の薄膜が形成されている場合には、薄膜干渉の条件が変化するため、薄膜の影響によって検出できなかった被検物体の表面の情報を得ることができる。

#### 【0016】

この場合、その照明系は、一例として複数の波長を含む照明光を供給する光源ユニットと、該光源ユニットからの光を集光してその被検物体の表面を照明する集光光学系と、その被検物体の表面に所定の波長の照明光を照射するためにその複数の波長のうちの1つを選択する選択手段とを有するものである。

また、その照明系は、別の例としてその照明光を供給する光源ユニットと、該光源ユニットからの光を集光してその被検物体の表面を照明する集光光学系と、その被検物体の表面に所定の波長の照明光を照射するためにその光源ユニットからの出力波長を可変とする波長変更手段とを有するものである。

#### 【0017】

次に、本発明による第2の表面検査装置は、被検物体(5)の表面に形成されたパターンの検査を行う表面検査装置であって、その被検物体の表面に可変の第1の入射角で照明光を照射する第1照明系(1~4)と、その被検物体の表面にその第1の入射角よりも大きい第2の入射角で、スリット状の光源(37a)からの照明光を照射する第2照明系(36, 37, 39)と、その被検物体の表面からの照明光を検出する受光系(12~15)と、この受光系による検出情報の論理和を求める演算系(10)と、を有するものである。斯かる本発明によれば、入射角の大きい第2照明系を有するため、検査対象のパターンが例えば1 $\mu$ m以下程度の小さいピッチを有し大きい回折角の微細なパターンであっても、高い照明効率で本発明の表面検査方法を実施できる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施の形態につき図1~図4等を参照して説明する。本例は、被検物体としてのウエハ(wafer)を複数の回折条件で検査する場合に本発明を適用したものである。

図1は、本例の表面検査装置を示し、この図1において、例えばメタルハライ

ドランプ（水銀ランプ等）、又はハロゲンランプ等よりなる光源1から射出された光より、不図示の干渉フィルタ等の波長選択性のフィルタによって所定の単一波長（例えば546nm、又は436nm等）の光が検査用の照明光L1として選択される。選択された照明光L1は、集光レンズ2によって光ファイバ束3の入射端に集光され、光ファイバ束3の射出端3aから射出された照明光L1は凹面鏡4に入射する。2次光源としての射出端3aと凹面鏡4との間隔は、ほぼ凹面鏡4の焦点距離と等しく設定され（ただし、後述のように軸外しが行われている）、凹面鏡4で反射された照明光L1は、ほぼ平行光束となってウエハ5の表面の全面に入射角 $\phi$ で入射する。光源1～凹面鏡4より照明系（1～4）が構成されている。

## 【0019】

ウエハ5は例えば半導体（シリコン等）又はSOI (silicon on insulator)等の円板状の基板であり、その外周部に回転角設定用の切り欠き部であるノッチ部が形成されている。更に、本例のウエハ5は、例えば所定のASIC用のウエハであり、その表面には、それまでの工程によって複数層の回路パターンが形成されている。本例の検査装置では、その回路パターンに付着した異物の位置や大きさ、及びその回路パターン自体の線幅異常等の欠陥の位置や大きさの検査を行う。以下、ウエハ5の表面の直交座標系をX軸、Y軸として説明する。

## 【0020】

ウエハ5は、チルトステージ6上に例えば真空吸着によって保持され、チルトステージ6は、不図示のベース上に設置された1対の支持板7A、7Bの間にX軸に平行な回転軸9の回りに回転自在に支持されている。コンピュータよりなる画像処理系10が、駆動モータ8を介してチルトステージ6のチルト角（傾斜角） $T$ 、ひいては照明光L1の入射角 $\phi$ を制御することができる。図1の状態、即ち初期状態では、チルトステージ6の表面（ウエハ5の表面）は水平面に合致するように設定されており、その初期状態でのチルト角 $T$ を $0^\circ$ とする。

## 【0021】

照明光L1の照射によって、ウエハ5の表面のパターンからは正反射光（0次回折光）を含む種々の次数の回折光L2、及び散乱光L3が発生する。ここでは

初期状態でウエハ5の表面の法線に対してX軸の回りに角度（以下、「受光角」という） $\phi$ で発生する回折光L2を検出対象とすると、回折光L2は、凹面鏡12で反射されて、円形開口が形成された開口絞り13に達する。開口絞り13の円形開口の中心は、凹面鏡12のほぼ焦点位置に配置されており、開口絞り13は、初期状態では受光角 $\phi$ 以外の回折光を遮光する役割を果たしている。開口絞り13を通過した回折光L2は、結像レンズ14を介してCCD型等の2次元の撮像素子15の撮像面にウエハ5の表面の全面の像を形成する。その撮像面は、結像レンズ14の後側焦点位置に配置されており、撮像素子15で光電変換された画像信号は、画像処理系10に供給され、画像処理系10では、その画像信号を処理して後述のようにウエハ5の表面に付着した異物、及びそのパターンの欠陥の検出を行う。画像処理系10には、欠陥等の情報を表示するための表示装置11が接続されている。凹面鏡12～撮像素子15より受光系（12～15）が構成されている。なお、本例では、後述のように受光角 $\phi$ の散乱光L3を検出する場合もある。

#### 【0022】

本例の照明系（1～4）、及び受光系（12～15）では、光学部材がチルトステージ6と機械的に干渉しないように軸外しが行われている。

図2は、初期状態での図1の検査装置の要部を示す平面図であり、この図2において、凹面鏡4としては、例えば回転放物面を反射面とするミラーが使用される。このとき、凹面鏡4の光軸4aは、その水平面に対する射影がY軸に平行で、かつチルトステージ6から外れるように配置され、照明光L1の2次光源としての射出端3aは、光軸4a上の焦点位置に配置されている。また、光ファイバ束3の角度は、凹面鏡4での反射光（この射影はY軸に平行である）がウエハ5の全面を照射するように設定されている。同様に、凹面鏡12としても回転放物面を反射面とするミラーが使用されており、凹面鏡12の光軸の射影はY軸に平行に、かつチルトステージ6から外れるように設定されると共に、開口絞り13の開口の中心は、凹面鏡12の光軸上の焦点位置に配置されている。このように軸外しを行うことによって、チルトステージ6を使用していても、この上のウエハ5の表面を可変の入射角で、かつ均一な高い照度の平行光束で照明できると共

に、ウエハ 5 から可変の受光角で発生する平行光束を高い効率で集光して結像させることができる。

#### 【0023】

なお、凹面鏡 4、12 としては、近似的に例えば球面鏡を使用してもよく、又は諸収差の補正を行った非球面鏡を使用してもよい。

図 1 に戻り、本例ではウエハ 5 のチルト角 T が可変であるため、チルト角 T が例えば  $0^{\circ}$  から変化すると、撮像素子 15 上に形成される像が Y 方向に伸縮されるようになる。そこで、画像処理系 10 では、撮像素子 15 からの画像信号よりウエハ 5 の像を画像メモリ上で組み立てた後、その際のチルト角 T よりウエハ 5 の像のアオリ角を算出し、このアオリ角と予め記憶されている凹面鏡 12 の軸外し角とを用いてその像の Y 方向の倍率補正と歪み補正を行い、この補正後の画像データより欠陥等を検出する。

#### 【0024】

また、図 2 に示すように、ウエハ 5 の表面は X 方向、Y 方向に所定ピッチで複数のショット領域 22 に分割され、各ショット領域 22 に Y 方向に互いに異なるピッチの 2 種類のライン・アンド・スペースパターン（以下、「L/S パターン」という）23A、23B、及び X 方向に所定ピッチの L/S パターン 24 が形成されている。これらの L/S パターン 23A、23B、24 は、凹凸のレジストパターンであってもよく、又は所定の金属膜をエッチングしたパターンであってもよい。更に、これらのパターン上に透明な保護膜等の薄膜が形成されていてもよい。凹面鏡 4 で反射された照明光 L1 は、その射影が Y 軸に平行にウエハ 5 の表面に入射するため、Y 方向に配列された L/S パターン 23A、23B からの回折光 L2 はこの射影が Y 軸に平行になるように凹面鏡 12 に向かう。従って、この配置では、L/S パターン 23A、23B の検査を行うことができる。X 方向に配列された L/S パターン 24 の検査を行う場合には、ウエハ 5 を  $90^{\circ}$  回転させてチルトステージ 6 上に載置すればよい。

#### 【0025】

図 1 に戻り、チルトステージ 6 の近傍にはスライダ 17 が設置され、スライダ 17 に沿って摺動自在に吸着機構を備えたウエハアーム 16 が配置され、ウエハ

アーム 16 とチルトステージ 6 との間でウエハ 5 の受け渡しを行うことができるように構成されている。また、スライダ 17 の近傍に駆動モータ 19 によって回転駆動、及び上下動駆動される回転テーブル 18 が配置され、この回転テーブル 18 の上端に次の検査対象のウエハ 21 が吸着保持されている。回転テーブル 18 の +Y 方向側に撮像系 20 が配置され、回転テーブル 18、駆動モータ 19、撮像系 20、及び不図示の制御系よりプリアライメント系が構成されている。回転テーブル 18 とスライダ 17 との間でのウエハの受け渡しもウエハアーム 16 によって行われる。

## 【0026】

例えばウエハ 5 の検査が終了して、ウエハ 5 が搬出された後、撮像系 20 によってウエハ 21 の外周のノッチ部 21a の位置を検出した角度で回転テーブル 18 を停止させた後、ウエハアーム 16 を介してウエハ 21 をチルトステージ 6 上に搬送することによって、ウエハ 21 のノッチ部 21a が +Y 方向を向いて載置されるように構成されている。また、そのノッチ部 21a を例えば +X 方向に向けたいときには、回転テーブル 18 をウエハ 21 を載置した状態で更に 90° 回転すればよい。このようにプリアライメント系によってチルトステージ 6 上でのウエハの回転角の位置決めが行われる。

## 【0027】

次に、本例の検査装置でウエハ 5 の表面の周期的パターンの検査を行う際の原理につき説明する。図 1 において、照明系 (1~4)、及び受光系 (12~15) を固定した状態で、チルトステージ 6 が水平面に対してチルト角 T だけ傾いたとすると、ウエハ 5 に入射する照明光 L1 の入射角は  $(\phi - T)$  となり、受光系に入射する回折光 L2 の受光角は  $(\phi + T)$  となる。このとき受光系で回折光 L2 を受光することのできる周期的パターン (本例では L/S パターン 23A, 23B) のピッチ p は、以下の式を満たす必要がある。ただし、照明光 L1 の波長を  $\lambda$ 、回折の次数を n (n は整数) としており、正反射の場合は次数 n が 0 である。

## 【0028】

$$\sin(\phi - T) - \sin(\phi + T) = n \cdot \lambda / p \quad (1)$$

回折の次数  $n$  は整数値を取るため、受光系で検出できるパターンピッチ  $p$  は条件によっては複数存在できる可能性もある。今、波長  $\lambda$  が近似的に  $550\text{ nm}$  のとき、照明光  $L1$  の水平面に対する入射角  $\phi$  が  $40^\circ$  で、回折光  $L2$  の水平面に対する受光角  $\phi$  が  $0^\circ$  のとき、チルトステージ 6 のチルト角  $T$  を変化させて検出できる回折光の次数を示したのが図 7 である。

## 【0029】

図 7 において、横軸はチルトステージ 6 のチルト角  $T$  (deg)、縦軸は 6 次の回折光までの検出できるパターンピッチ  $p$  ( $\mu\text{m}$ ) を示し、この図 7 において、曲線 25A~25F はそれぞれ回折の次数  $n$  が 1~6 の検出できるパターンピッチ  $p$  を表している。仮に  $n=1$ ,  $p=p_3$  が (1) 式を満たしているときには、2 以上の整数  $m$  を用いて、 $n=m$ ,  $p=m \cdot p_3$  も (1) 式を満たすため、ピッチが整数倍のパターンからの回折光も検出できることが分かる。図 7 においても、チルト角  $T$  が例えば  $10^\circ$  のときには、検出できるパターンピッチ  $p$  は約  $1.8\ \mu\text{m}$ 、及びこの整数倍となっている。また、水平面に対する入射角  $\phi$  が  $40^\circ$  であるため、チルト角  $T$  が  $20^\circ$  になると、受光系で検出できるのは正反射光 ( $n=0$ ) となるため、チルト角  $T$  が  $20^\circ$  に近付くにつれて、曲線 25A~25F の値は大きくなっている。

## 【0030】

上記のようにピッチが整数倍の関係にある複数のパターンは同一のチルト角  $T$  で検出することができるが、本例のウエハ 5 は ASIC 用のウエハであり (Logic-IC 等のウエハでもよい)、図 2 の 2 つの L/S パターン 23A, 23B のピッチ  $p_1$ ,  $p_2$  は互いに整数倍の関係にはなっていないものとする。この場合、本例では、1 次光 ( $n=1$ ) を検出するものとして、例えば不図示のホストコンピュータが、(1) 式において、 $p=p_1$ 、及び  $p=p_2$  が成立するようなチルト角  $T_1$  及び  $T_2$  をそれぞれ求めて、これらのチルト角  $T_1$ ,  $T_2$  を図 1 の画像処理系 10 に供給する。これに応じて、画像処理系 10 は、チルトステージ 6 のチルト角  $T$  を順次  $T_1$  及び  $T_2$  に設定して、それぞれ撮像素子 15 からの画像信号を取り込み、画像メモリ上でウエハ 5 の全面の像を形成する。

## 【0031】

この際に、チルト角 $T$ が異なるとウエハ面のアオリ角が変わるため、撮像素子 15 上に形成される像のチルトステージ 6 の回転軸 9 に平行な方向（X 方向）と垂直な方向（Y 方向）との比率が変化してしまう。この変化を補正するため、画像処理系 10 では、各チルト角 $T$ 毎にその画像メモリ上の像を Y 方向に対応する方向に  $\sec(\phi + T)$  倍する。その後、補正後の画像データを用いて異物、及び欠陥の検出を行うために、一例として、予め良品の画像を画像処理系 10 に記憶させておき、検査対象のウエハの画像との差分をとる。この差分が所定の値を超えている部分が欠陥として認識される。チルトにより欠陥の位置の情報がずれているので、これを補正する必要がある。

## 【0032】

また、各画像データより例えばパターン・マッチング等によって異物や欠陥の検出を行って、欠陥等の位置や大きさを示す情報（以下、単に「欠陥情報」という）を生成してもよい。この場合の欠陥情報は、例えば正常なパターンを表す部分がローレベル“0”となり、欠陥等を表す部分がハイレベル“1”となった画像データ（一つの検出情報）である。そして、最終的に各チルト角毎の欠陥情報の論理和を求めると、或る一つのチルト角で欠陥等が検出された部分はハイレベル“1”となるため、この論理和よりウエハ 5 の全面の欠陥等を検出できる。

## 【0033】

画像処理系 10 は、検出されたウエハ 5 の全面の欠陥情報を不図示のホストコンピュータに供給する。これと共に、画像処理系 10 は、その欠陥情報、及び例えば一つのチルト角で得られるウエハ 5 の全面の像の画像データを別の画像信号に変換して表示装置 11 に供給する。これに応じて表示装置 11 の表示部 11a には、図 3 に示すように、ウエハ 5 の表面の像 5a が表示されると共に、この像 5a の内部に図 2 の検出対象の L/S パターン 23A, 23B の像に対応する部分も表示される。

## 【0034】

図 3 において、ピッチ  $p1$  の L/S パターン 23A に対応する領域 23A1, 23A2 では、異物、又は欠陥がそれぞれ欠けた部分（暗部）となっており、L/S パターン 23B に対応する領域 23B1, 23B2 でも、異物、又は欠陥が



それぞれ欠けた部分となっているため、オペレータはその像 5 a を観察することによって、異物、又は欠陥の位置や大きさを確認することができる。

【0035】

次に、本例の表面検査装置を用いて、実際に図 1 のウエハ 5 の検査を行う場合の動作の一例につき図 4 のフローチャートを参照して説明する。まず、図 4 のステップ 101 において、図 1 のウエハアーム 16 に不図示のウエハカセットから検査対象のウエハ（ウエハ 5 とする）を受け渡し、ウエハアーム 16 からプリアライメント系の回転テーブル 18 上にウエハ 5 を載置する。その後、ステップ 102 において、回転テーブル 18、及び撮像素子 20 を用いて、ウエハ 5 のノッチ部が +Y 方向を向くようにプリアライメントを行った後、ステップ 103 に移行して、ウエハアーム 16 を介して回転テーブル 18 からチルトステージ 6 上にウエハ 5 を搬送し、チルトステージ 6 上にウエハ 5 を吸着保持する。これによって、検査対象の L/S パターン 23 A、23 B のピッチ方向（計測方向）は、照明光 L1 の入射方向の射影、及び受光系の受光方向の射影に平行となる。

【0036】

次に、画像処理系 10 は、ステップ 104 において、チルトステージ 6 のチルト角 T をピッチ p1 の L/S パターン 23 A 用の角度 T1 に設定して、ステップ 105 で撮像素子 15 からの画像信号を取り込み、上記のようにその画像信号から 1 画面分の画像データを構築して、チルト角 T1 に応じた倍率の補正を行った後、画像処理系 10 において欠陥検出を行う。その後、予め設定してあったチルト角 T1、T2、…について計測を行ったか判断し（ステップ 106）、計測が終了していなければ次のチルト角 T (n+1) を設定して（ステップ 104 に戻って）再び画像を取り込む（ステップ 105）。本例では、チルト角 T は T1、T2 に順次設定される。

【0037】

本例では、これで設定すべきチルト角 T は無くなったため、動作はステップ 106 からステップ 107 に移行して、画像処理系 10 は、チルト角 T1、T2 毎の 2 値化された画像データ（即ち、一つの欠陥情報）の論理和を求める。この画像データの論理和が、本発明の複数の検出情報の論理和に対応している。画像処

理系10は、欠陥をそれぞれの条件の画像について抽出し、ウエハ面上の座標に欠陥の検出された位置にハイレベル”1”のフラグを立てる。また、欠陥のない所は、ローレベル”0”のフラグとしておく同じ座標について、前述の欠陥検出フラグの理論和をとる。最終的にハイレベル”1”となっている部分が欠陥である。この座標の情報等をホストコンピュータに送る。

#### 【0038】

次に、ステップ108において、画像処理系10は、チルトステージ6のチルト角Tを上記のL/Sパターン23A, 23Bからの回折光を検出するための角度T1, T2から所定の角度以上離れた角度に設定する。ただし、このチルト角Tは、L/Sパターン23A, 23Bからの2次以上の回折光をも検出しない角度に設定される。次のステップ109において、画像処理系10は、撮像素子15からの画像信号を取り込み、アオリ角の補正を行った後、得られた画像データを例えば2値化して、ハイレベル”1”となる領域を異物、又は傷が生じている領域として抽出し、この異物、又は傷の位置、及び大きさを示す第2の欠陥情報もホストコンピュータに供給する。異物が付着している部分、及び欠陥が生じている部分では比較的強い散乱光が発生することがあるため、このように回折光を検出しない角度でウエハ5からの光を検出することによって、その異物や欠陥からの散乱光のみを高いSN比で検出できる。従って、ステップ108, 109を実行することによって、ステップ104~107の検査で検出できない異物や欠陥を検出できることがある。

#### 【0039】

次に、ステップ110において、ホストコンピュータは、画像処理系10から供給されたウエハ5の全面の欠陥情報に基づいて、予め定められている判定基準を用いてウエハ5が良品か不良品かを判定する。良品であるときには、ウエハ5は次の工程（ステップ112）に進み、不良品であるときには、ウエハ5は再加工に戻るか（ステップ111）、又は廃棄処分となるように分別される。ウエハ5が例えば露光及び現像工程後で、その表面のL/Sパターン23A, 23Bがレジストパターンである場合には、このレジストパターンに欠陥等が存在しても、レジストパターンを剥離して再びフォトリソの塗布及び露光を行って再加

工（ステップ111）を行うことができる。このように再加工を行うことで、ウエハの歩留りを向上させて、半導体デバイス等の製造コストを低減させることができる。

#### 【0040】

また、各検査工程で次の工程へ流されたウエハについて画像データを保存しておくことが望ましい。これによって、不良品の発生原因を追跡調査することもできる。更には、欠陥が製品の性能に与える影響について調査することができる。

上記のように本例では、検出すべき複数種類のパターンに応じてチルトステージ6のチルト角 $T$ を複数の角度に設定して画像データ（個々の欠陥情報）を得ると共に、それらの論理和よりウエハの全面での異物、又は欠陥の情報を求めている。従って、その複数種類のパターンの異物や欠陥を極めて迅速に、かつ正確に検出することができる。ただし、本例では、検査できるパターンのピッチ範囲が照明系（1～4）からの照明光の水平面に対する入射角 $\phi$ 、及び受光系（12～15）の水平面に対する受光角 $\phi$ の組み合わせで制限されている。しかしながら、本例の検査装置は、ウエハ5の上方に可動機構が無いために、検査装置内でウエハ5上に塵等の異物が落下してきて付着する可能性が低くなり、微細なパターンを高精度に検査できる利点がある。

#### 【0041】

上記のように、本例はASICのように複数の互いに異なる（整数倍の関係に無い）ピッチの周期的パターンが形成されている場合に有効であるが、本例の検査装置を用いて、DRAM用のウエハのようにほぼ全面が同じピッチのパターンで構成されているような被検物体の検査を行うことも可能である。このように同じピッチ（ピッチ $p_4$ とする）のパターンの検査を行う場合には、異なる次数の回折光を検出するために、（1）式において、例えば $n=1\sim 6$ とおいたときのチルト角 $T$ の値 $T_{41}\sim T_{61}$ を算出し、このチルト角 $T_{41}\sim T_{61}$ を図1のチルトステージ6のチルト角 $T$ として順次設定し、各チルト角 $T_{41}\sim T_{61}$ でそれぞれ撮像素子15からの画像信号を取り込んで、ウエハの全面の検査を行うようにすればよい。更に、画像処理により各チルト角で得られた欠陥情報として、欠陥部がハイレベル“1”となるようにメモリに記憶しておき、変換後の欠陥

情報の論理和を求めて、ウエハの欠陥情報としてもよい。例えばピッチ  $p_4$  が  $4\ \mu\text{m}$  である場合には、図 7 よりチルト角  $T$  を  $1.7^\circ$ 、 $6.4^\circ$ 、及び  $11^\circ$  に設定することで、それぞれそのパターンからの 4 次 ( $n=4$ )、3 次 ( $n=3$ )、及び 2 次 ( $n=2$ ) の回折光を検出できることが分かる。

## 【0042】

この際に、ウエハの表面に薄膜が形成されているものとして、その薄膜の厚さや検出対象のパターンの形状等の条件によっては、所定の次数  $n$  の回折光の強度が弱くなるか、又はその次数  $n$  の回折光が生じない場合も起こり得る。このようなときであっても、本例では複数の次数（例えば  $n=1\sim 6$ ）の回折光を順次検出しており、何れかの次数では強い回折光が得られるため、その検出対象のパターンの欠陥を見落とすことなく確実に検出することができる。

## 【0043】

なお、上記の実施の形態では、被検物体（ウエハ）に照射される照明光は単一波長であったが、複数の波長の照明光、又は所定の帯域幅を有する照明光から選択的に抽出された所定の波長を持つ光を順次用いて、その被検物体の画像を各波長毎に取り込んでて検査を行うようにしてもよい。即ち、図 1 において、複数の波長を含む光源 1 からの光より、例えば互いに交換可能に照明光路（光源 1 と凹面鏡 4 との間の光路）に設けられた 2 つの波長選択性のフィルタ（干渉フィルタ等）の 1 つを順次照明光路中に設定して所定の 2 つの波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の照明光を順次選択し、この 2 波長の照明光を順番にウエハ 5 上のピッチ  $p$  のパターンにそれぞれ照射して、波長  $\lambda_1$  の照明光をウエハ 5 のパターンに照射したときには、波長  $\lambda_1$  の照明光の  $n_1$  次の回折光の像を、また波長  $\lambda_2$  の照明光をウエハ 5 のパターンに照射したときには、波長  $\lambda_2$  の照明光の  $n_2$  次の回折光の像をそれぞれ順番に撮像素子 15 にて撮像するものとする。そのパターンからの回折光は、同じ次数であっても波長によって異なる方向に回折されるため、 $\lambda_1 < \lambda_2$  とすると、 $n$  次の回折光と  $(n+1)$  次の回折光とが重ならないためには、次式を満たす必要がある。

$$(n+1)\lambda_1 > n\lambda_2 \quad (2)$$

## 【0044】

更にこの場合は、波長によって異なる方向に回折される光を受光するため、各波長毎に（照明光の波長を変更する毎に）チルトステージ6のチルト角 $T$ を変える必要があり、このチルト角に応じて画像の $Y$ 方向の倍率の補正を行う必要もある。また、波長 $\lambda_1$ の照明光の $n_1$ 次の回折光、及び波長 $\lambda_2$ の照明光の $n_2$ 次の回折光を順次受光する場合のチルト角 $T$ をそれぞれ $T_1$ 及び $T_2$ とすると、照明系からの入射角 $\phi$ 及び受光系に向かう受光角 $\phi$ に対するチルト角の条件は次のようになる。

$$\sin(\phi - T_1) - \sin(\phi + T_1) = n_1 \cdot \lambda_1 / p \quad (3)$$

$$\sin(\phi - T_2) - \sin(\phi + T_2) = n_2 \cdot \lambda_2 / p \quad (4)$$

【0045】

図1の検査装置において、光源1からは、550nmの光（波長 $\lambda_1$ の光）と630nmの光（波長 $\lambda_2$ の光）との2波長の光を供給するものとし、図1において不図示ではあるが、光源1から凹面鏡4との間の照明光路中には、550nmの光（波長 $\lambda_1$ の光）を選択する第1の波長選択性フィルタと630nmの光（波長 $\lambda_2$ の光）を選択する第2の波長選択性フィルタとの一方が不図示の駆動系によって照明光路内に選択的に設定可能に設けられているものとする。ここで、2つの波長選択性フィルタの一方を照明光路内に設定する駆動系は、画像処理系10によって制御されている。この場合、照明光を供給すると共に前記照明光の波長を変更する光源系は、複数の波長の照明光を供給する光源ユニット（光源1）、互いに交換可能に設けられた2つの波長選択性フィルタ（波長選択手段）、集光レンズ2、ファイバ束3とから構成され、また、その光源系からの光を集光して被検物体の表面を照明するための集光光学系は凹面鏡4を有する。そして、ウエハ5が水平面に平行である場合の、ウエハ5に対する照明光の入射角 $\phi$ を $40^\circ$ 、受光系で受光される回折光の受光角 $\phi$ を $0^\circ$ として、ピッチ $p$ が $0.7\mu\text{m}$ のパターンの検査を行うものとする、波長550nmの光の1次回折光を受光するときにはチルト角 $T$ を約 $-4.713^\circ$ にして、波長630nmの1次回折光を受光するときにはチルト角 $T$ を約 $-8.612^\circ$ にする。このようにすると、波長550nmの2次回折光を受光するためにチルト角 $T$ を約 $-36.735^\circ$ にするのに比べて、チルトステージ6を動かす範囲を少なくすることがで

きる。また、検査用の照明光の波長が変わることにより、ウエハ5の表面の薄膜等による干渉条件も変わるため、或る波長で検出できない欠陥等も、別の波長で検出できるようになる利点がある。

## 【0046】

なお、以上の述べた例では、波長選択フィルタ等の波長抽出手段を用いて所定の波長の照明光を被検物体に対して選択的に照射した例を述べたが、図1に示す光源1における入力電圧や入力電流等を変化させ、その光源1からの出力波長を可変とする不図示の波長可変装置（波長変更手段）を設け、光源1から出力される光の波長そのものを変化させて、この変化した波長を持つ光を照明光として被検物体へ照射してもよい。この場合、照明光を供給すると共に照明光の波長を変更する光源系は、照明光を供給する光源ユニット（光源1）、その光源ユニット（光源1）からの出力波長を可変とする波長可変装置（波長変更手段）、集光レンズ2、ファイバ束3とから構成され、また、その光源系からの光を集光して被検物体の表面を照明するための集光光学系は凹面鏡4を有する。

## 【0047】

また、照明光の波長を変えるために、複数種類の光源（He-Neレーザ光源、半導体レーザ素子、ランプ等）を使用して、これらの複数種類の光源からの波長の異なる照明光を少なくとも1枚のダイクロイックミラー等を用いて合成し、更に各光源とダイクロイックミラーとの間の光路中にシャッタ等の波長選択手段をそれぞれ配置した構成としてもよい。この場合、複数のシャッタの内の1つのみを開放することにより、所定の波長を持つ照明光を選択的に被検物体へ導くことができる。なお、この場合、照明光を供給すると共に照明光の波長を変更する光源系は、複数光源、及び少なくとも1つのダイクロイックミラーで構成されて複数の波長の照明光を供給する光源ユニットと、複数のシャッタ（波長選択手段）と、集光レンズ2と、ファイバ束3とから構成され、また、その光源系からの光を集光して被検物体の表面を照明するための集光光学系半導体凹面鏡4を有する。

## 【0048】

以上においては、被検物体を照明する照明系からの照明光の波長を変化（変更

）させることによって、各波長毎での被検物体の回折像を検出系にてそれぞれ順番に検出することについて述べたが、検出すべき複数の波長を含む照明光あるいは所定の波長幅を有する照明光を供給する光源 1 を用いて、複数の波長を含む照明光あるいは所定の波長幅を有する照明光を被検物体へ照射して、検出系にて各波長毎に検出する構成としてもよい。この場合、照明系側では、波長選択フィルタやシャッタ等を設ける必要がないものの、検出系の検出光路中には、複数の波長選択フィルタの 1 つが検出波長毎に、選択的に設定可能に設けられる構成とすることがよい。

## 【0049】

次に、本発明の第 2 の実施の形態につき図 5 を参照して説明する。本例は、照明系、及び受光系の角度をそれぞれ可変としたものであり、図 5 において図 1 に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図 5 は、本例の表面検査装置の要部を示し、この図 5 において、被検物体としてのウエハ 5 はステージ 6 A 上に吸着保持されており、ステージ 6 A は不図示のベース上に固定されている。また、光ファイバ束 3 の射出端 3 a と凹面鏡 4 とは支持部材 3 1 に固定され、支持部材 3 1 は、回転駆動機構 3 2 によって所定の回転軸を中心として回転自在に支持されている。図 1 の光源 1、集光レンズ 2 より図 5 の光ファイバ束 3 に照明光 L 1 が供給されており、実質的に照明系（1～4）が回転自在に支持されていることになる。

## 【0050】

同様に、凹面鏡 1 2～撮像素子 1 5 までの受光系（1 2～1 5）は支持部材 3 3 に固定され、支持部材 3 3 は、回転駆動機構 3 4 によって所定の回転軸を中心として回転自在に支持されている。実際には、回転駆動機構 3 2 及び 3 4 の回転軸は、それぞれウエハ 5 のほぼ中心を通るように設定されている。即ち、本例では照明系、及び受光系が実質的に互いに独立に回転自在に配置されている。これ以外の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

## 【0051】

本例では、照明系を回転させることで、凹面鏡 4 からウエハ 5 に照射される波長  $\lambda$  の照明光 L 1 の入射角  $\phi$  を変化させることができると共に、受光系を回転さ

せることで、ウエハ 5 から凹面鏡 12 に向かう回折光 L2（又は散乱光 L3）の受光角  $\phi$  を入射角  $\psi$  とは独立に設定できることになる。従って、ウエハ 5 上のピッチ p の周期的パターンの n 次（n は 0 を含む整数）の回折光を受光する条件は次式で表される。

$$\sin \phi - \sin \psi = n \cdot \lambda / p \quad (5)$$

#### 【0052】

本例でも例えばウエハ 5 上の複数種類のパターンの検査を行う場合には、それらの複数種類のパターンの回折条件を順次設定し、それぞれ撮像素子 15 からの画像信号を取り込むことになる。ただし、第 1 の実施の形態はチルトステージ 6 を回転させて所望の回折条件を設定したのに対して、本例では照明系、及び受光系を回転させて所望の回折条件を設定する。本例によれば、第 1 の実施の形態に比べて、回折条件を選択する自由度が高いという利点がある。更に、受光系を固定して使うことも可能となり、この場合には、撮像素子 15 上に形成されるウエハの像のアオリ角は一定であるため、画像処理系 10 においてそのウエハの像の倍率補正を行う必要がなくなるという利点がある。ただし、ウエハ 5 の上方で照明系、及び受光系を構成する光学部材（可動部）が動くことになり、異物が発生し易くなるため、その可動部をできるだけウエハ 5 から離しておくことが望ましい。

#### 【0053】

次に、図 6 を参照して本発明の第 3 の実施の形態につき説明する。本例は、第 1 の実施の形態の照明系（第 1 の照明系）の外に、大きい入射角でウエハを照明するための第 2 の照明系を設けたものであり、図 6 において図 1 に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図 6 は、本例の表面検査装置を示し、この図 6 において、ウエハ 5 はチルトステージ 35 上に吸着保持され、チルトステージ 35 は回転軸 9 を中心として駆動モータ 8 によって回転自在に支持されている。そして、第 1 の実施の形態と同様に、ウエハ 5 が水平面上にある状態で、ウエハ 5 は光ファイバ束 3 及び凹面鏡 4 を含む第 1 の照明系（1～4）からの照明光 L1 によって入射角  $\psi$  で照明され、ウエハ 5 からの受光角  $\phi$  の回折光 L2（又は散乱光 L3）が、受光系（12～1



5) で受光されている。また、チルトステージ 35 の外部の光源 36 内で発生した照明光が、扇型に広がる光ファイバ束 37 の入射端に集光されている。光ファイバ束 37 の射出端 37a は、断面形状が X 方向に細長い直線状に形成されており、この射出端 37a がチルトステージ 35 の上端にスペーサ 38 を介して固定されている。

#### 【0054】

また、射出端 37a の発光面に近接して、X 方向（長手方向）に細長く、この長手方向に直交する方向に広がる光を集光するためのシリンドリカルレンズ（円筒型レンズ）39 が不図示の支持部材を介してチルトステージ 35 に固定されている。そして、射出端 37a の直線状の発光面から射出された照明光 L4 は、シリンドリカルレンズ 39 によってほぼ平行光束に変換されて  $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$  程度の大きい入射角でウエハ 5 の全面を照明する。照明光 L4 の波長は照明光 L1 と同一であり、光源 36、光ファイバ束 37、及びシリンドリカルレンズ 39 より第 2 の照明系（36, 37, 39）が構成されている。その他の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

#### 【0055】

本例において、チルトステージ 35 のチルト角  $T$  が変化すると、照明光 L1 の入射角は  $(\phi - T)$  となり、回折光 L2 の受光角は  $(\phi + T)$  となる。そして、第 1 の照明系（1~4）は、入射角  $(\phi - T)$  が  $0^{\circ}$ 、即ち垂直の落射照明でもウエハ 5 の全面を照明できるように、凹面鏡 4 からの照明光 L1 の光束の断面積が広く設定されている。そのため、入射角  $(\phi - T)$  が大きくなると、ウエハ 5 に照射される光束の幅が実質的に狭くなってしまい、照明光 L1 の利用効率が悪くなってしまう。また、ウエハ 5 上での照明光 L1 の照度が低下するため、撮像素子 15 上に形成される像の強度が低下して異物や欠陥等の検出精度も低下する恐れがある。そこで、本例ではウエハ 5 への照明光 L1 の入射角  $(\phi - T)$  が  $70^{\circ}$  を超えるような場合には、第 2 の照明系（36, 37, 39）からの照明光 L4 でウエハ 5 を照明するものとする。これによって、大きい入射角であっても高い照明効率で、即ちウエハ 5 の全面を高い照度で照明できるため、ウエハ 5 の像強度が大きくなり、高い SN 比で欠陥等を検出することができる。

## 【0056】

ただし、その第2の照明系は、チルトステージ35上に固定されているため、照明光L4の入射角 $\phi'$ は一定の値となる。ウエハ5の表面が水平面であるときのウエハ5からの回折光L2の受光角を $\phi'$ としたとき、チルトステージ35のチルト角Tと、受光系で受光される回折光を生じるパターンのピッチpとの間には次式のような関係がある。

$$\sin \phi' - \sin(\phi' + T) = n \cdot \lambda / p \quad (6)$$

## 【0057】

図8の曲線27は、第2の照明系を用いた場合のチルト角T (deg)と、(6)式に基づいて1次回折光( $n=1$ )が検出されるパターンのピッチp ( $\mu\text{m}$ )との関係を示している。この場合、第2の照明系による照明光L4の入射角 $\phi'$ は $88^\circ$ 、照明光の波長 $\lambda$ は $550\text{nm}$ とした。また、第1の照明系の位置関係は図1の実施の形態と同じであり、図8の曲線26は、図7の曲線25Aと同じく、第1の照明系を用いた場合のチルト角Tと1次回折光が検出されるパターンのピッチpとの関係を表している。曲線27より分かるように、第2の照明系を用いる場合には、チルト角Tを $\pm 15^\circ$ 程度変化させることによって、 $0.4 \sim 0.8\mu\text{m}$ のピッチのパターンの1次回折光を高いSN比で検出することができる。従って、 $1\mu\text{m}$ 程度以上のピッチのパターンを検出する場合には、第1の照明系を使用することが望ましい。

## 【0058】

実際に図6においてウエハ5の検査を行う場合には、検査対象のパターンのピッチpを(1)式、及び(6)式に代入することによってそれぞれ第1の照明系を用いる場合のチルト角 $T_{a1}$ ,  $T_{a2}$ , …、及び第2の照明系を用いる場合のチルト角 $T_{b1}$ ,  $T_{b2}$ , …を算出する。その後、まず第1の照明系を発光させてチルトステージ35のチルト角Tを $T_{a1}$ ,  $T_{a2}$ , …に設定して撮像素子15の画像信号を取り込んで検査を行う。続いて、第2の照明系を発光させてチルトステージ35のチルト角Tを $T_{b1}$ ,  $T_{b2}$ , …に設定して撮像素子15の画像信号を取り込んで検査を行い、最終的に得られた欠陥情報の論理和を求めればよい。

## 【0059】

なお、例えばウエハ5上に、ピッチが0.8  $\mu\text{m}$ 程度以下のパターンとピッチが1  $\mu\text{m}$ 程度以上のパターンとの2種類が形成されているような場合には、チルトステージ35のチルト角Tを(1)式、及び(6)式の両方をほぼ満たす所定角度に固定することによって、後は第1の照明系と第2の照明系との発光を切り換えるのみでその2種類のパターンの検査を極めて短時間に行うことができる。

## 【0060】

なお、上記の実施の形態では、被検物体はウエハであったが、被検物体として液晶パネル用の基板であるガラスプレート、更にはフォトマスク（レチクル）等の検査を行う場合にも本発明を適用することができる。このように本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

## 【0061】

## 【発明の効果】

本発明の表面検査方法によれば、互いに異なる複数の回折条件でそれぞれ被検物体の表面からの回折光を検出して異物や欠陥の検出を行うようにしているため、被検物体上に形成されている1種類、又は複数種類のパターンの欠陥等を確実に検出できる利点がある。従って、被検物体の表面の全面がほぼ一定のパターンだけでは構成されていないLogic-ICやASIC等の欠陥検査も殆ど取りこぼしなく行うことができるようになる。更に、DRAM等のように全面にほぼ一定ピッチの周期的パターンが形成されている被検物体の検査においても、薄膜干渉等の影響による欠陥等の見落としの確率を小さくすることができる。

## 【0062】

また、被検物体の表面からの回折光を集光してその表面の像を形成し、この像の画像信号から欠陥等を検出する場合には、その表面の全面の欠陥等を一度に効率的に検出できる利点がある。

更に本発明の表面検査装置によれば、そのような表面検査方法を容易に実施できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態の表面検査装置の概略構成を示す斜視図である。

【図 2】 図 1 の照明系、チルトステージ 6、及び受光系の関係を示す平面図である。

【図 3】 第 1 の実施の形態による検査結果の一例を示す図である。

【図 4】 第 1 の実施の形態でウエハの検査を行う場合の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 5】 本発明の第 2 の実施の形態の表面検査装置の要部を示す斜視図である。

【図 6】 本発明の第 3 の実施の形態の表面検査装置の要部を示す斜視図である。

【図 7】 第 1 の実施の形態におけるチルト角  $T$  と 1 次から 6 次までの回折光を受光できるパターンのピッチ  $p$  との関係を示す図である。

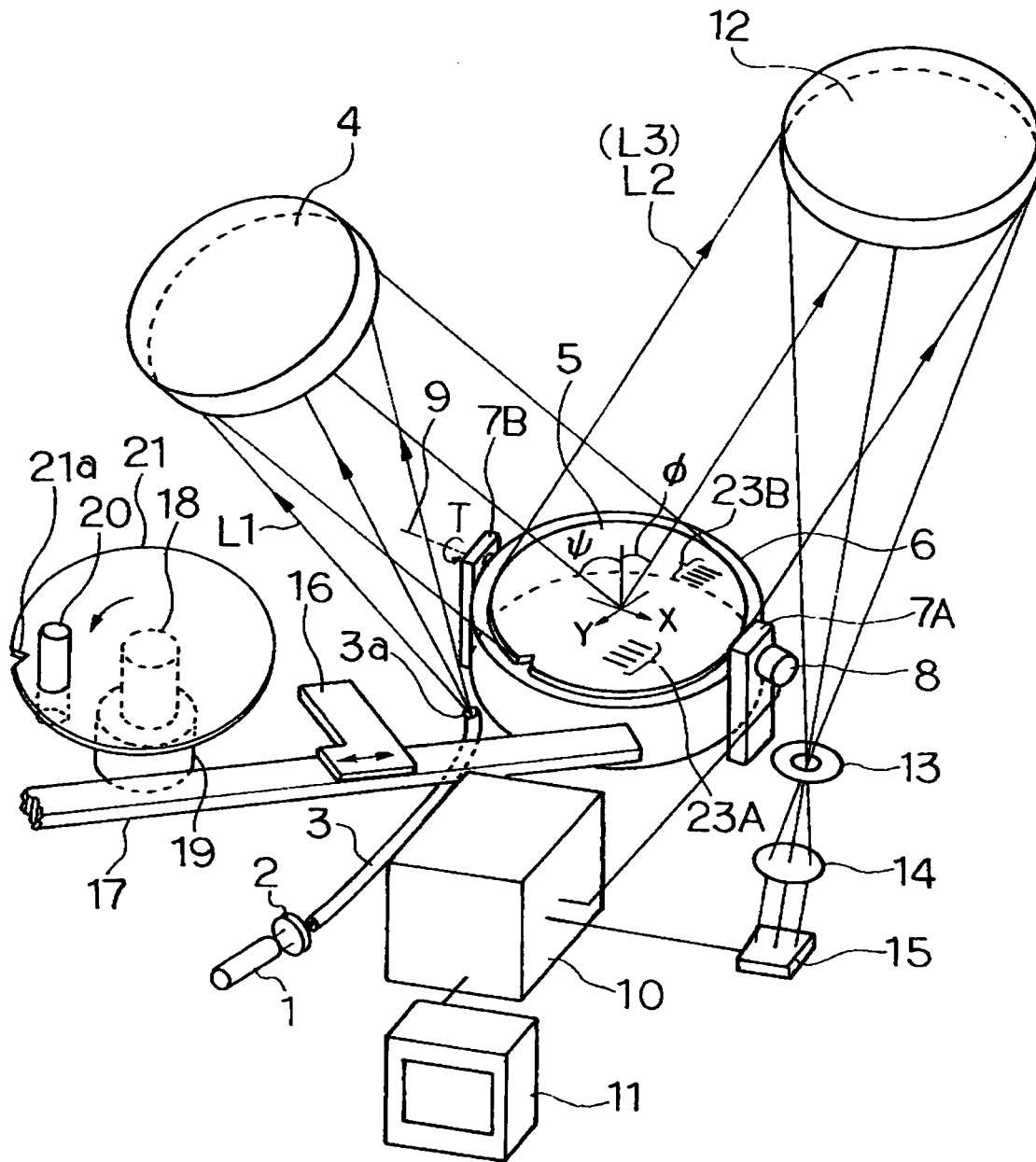
【図 8】 第 3 の実施の形態におけるチルト角  $T$  と 1 次回折光を受光できるパターンのピッチ  $p$  との関係を示す図である。

【符号の説明】

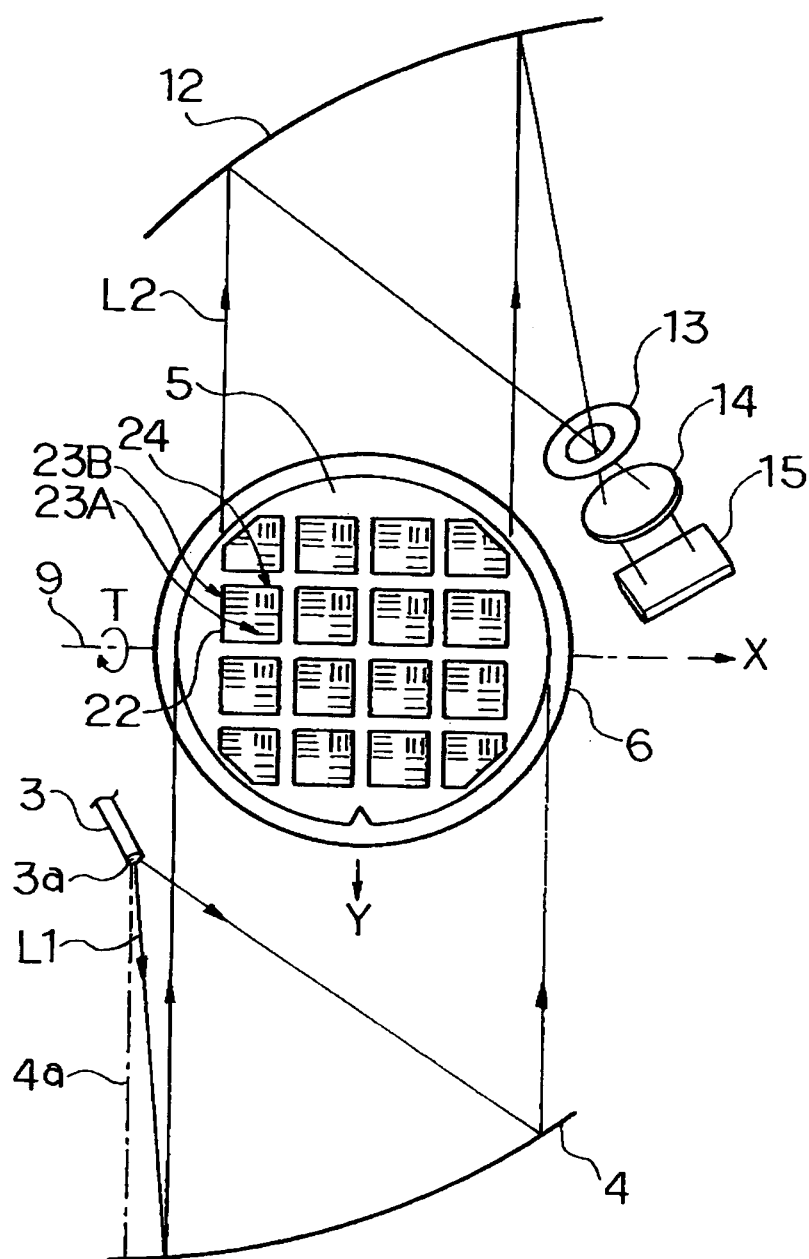
1 … 光源、3 … 光ファイバ束、4 … 凹面鏡、5 … ウエハ、6 … チルトステージ、9 … 回転軸、10 … 画像処理系、12 … 凹面鏡、13 … 開口絞り、14 … 結像レンズ、15 … 撮像素子、16 … ウエハアーム、18 … 回転テーブル、20 … 撮像系、35 … チルトステージ、36 … 光源、37 … 光ファイバ束、39 … シリンドリカルレンズ

【書類名】 図面

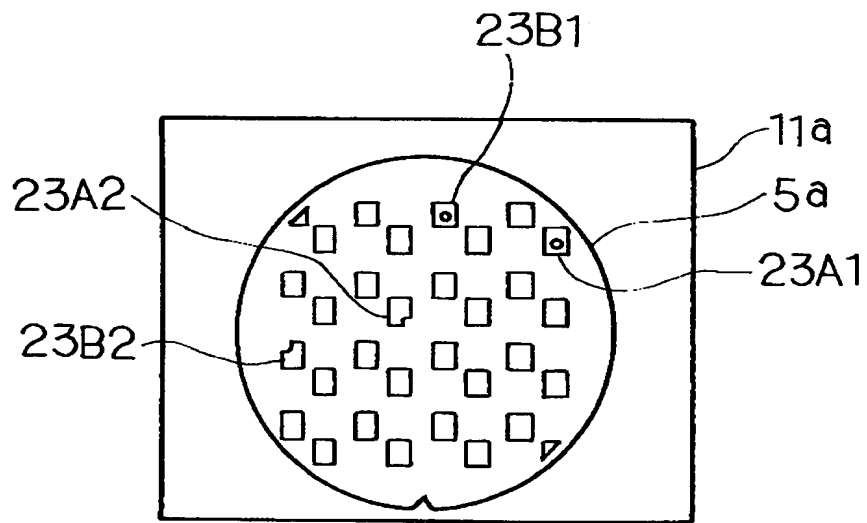
【図 1】



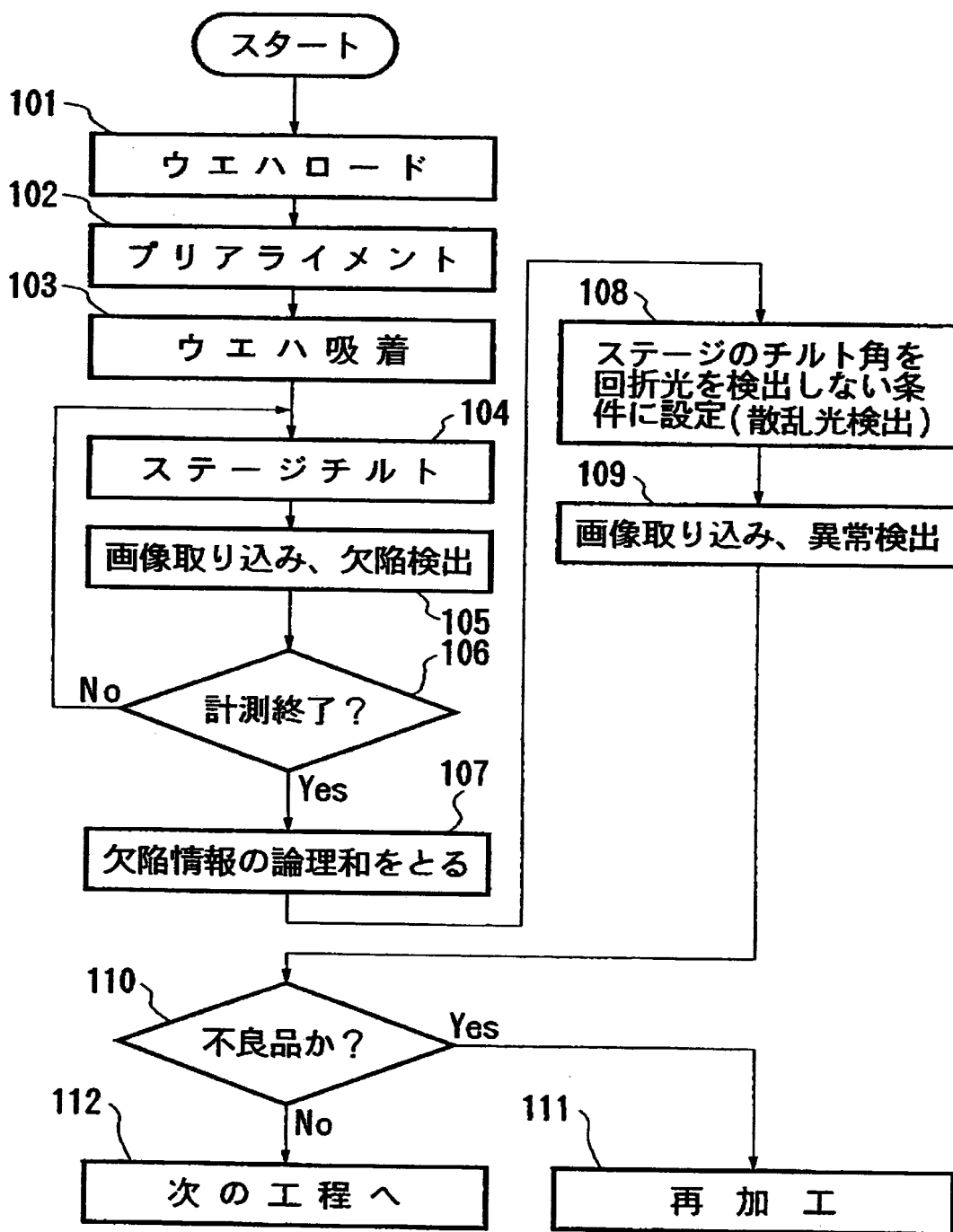
【図 2】



【図3】

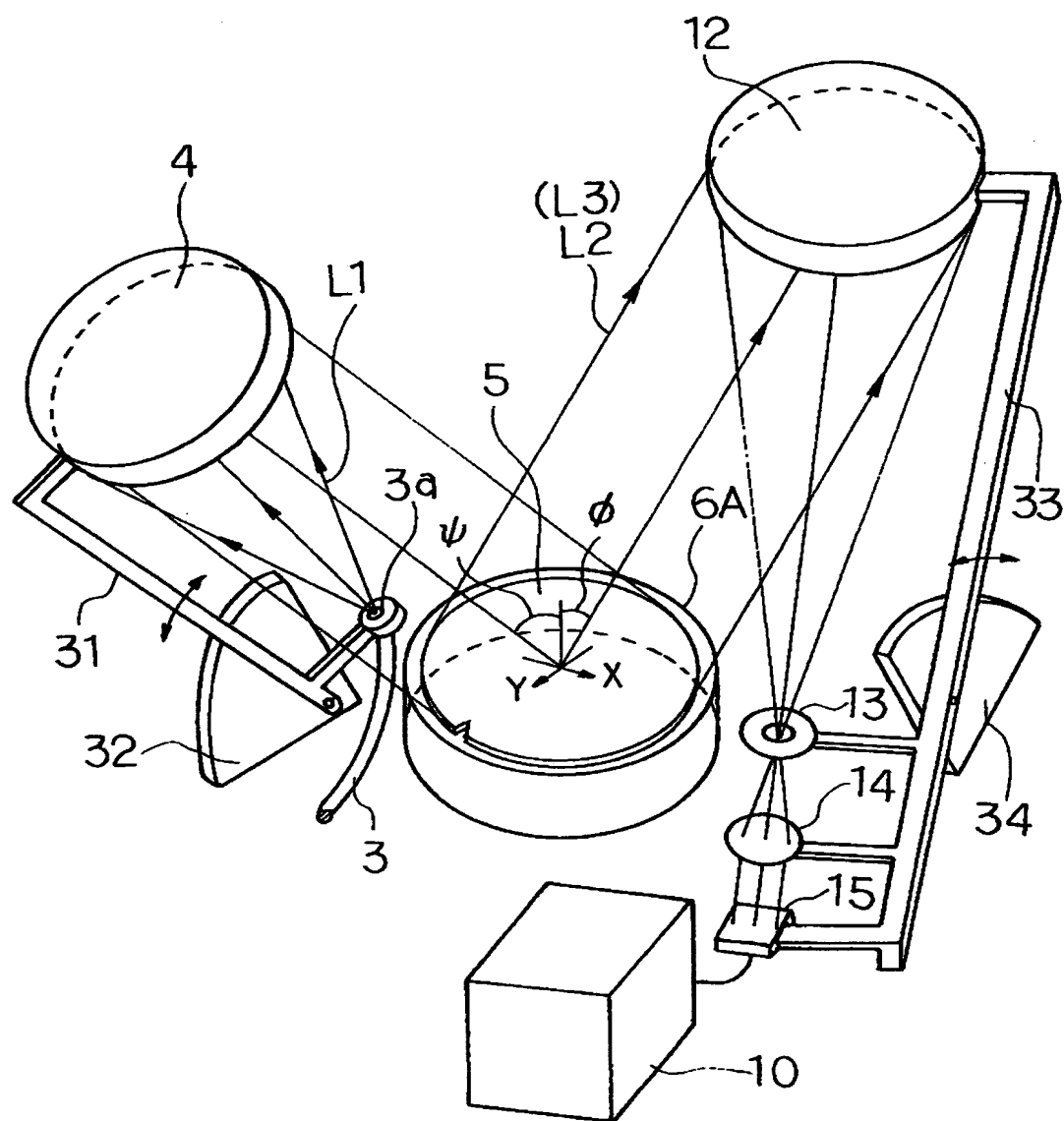


【図 4】

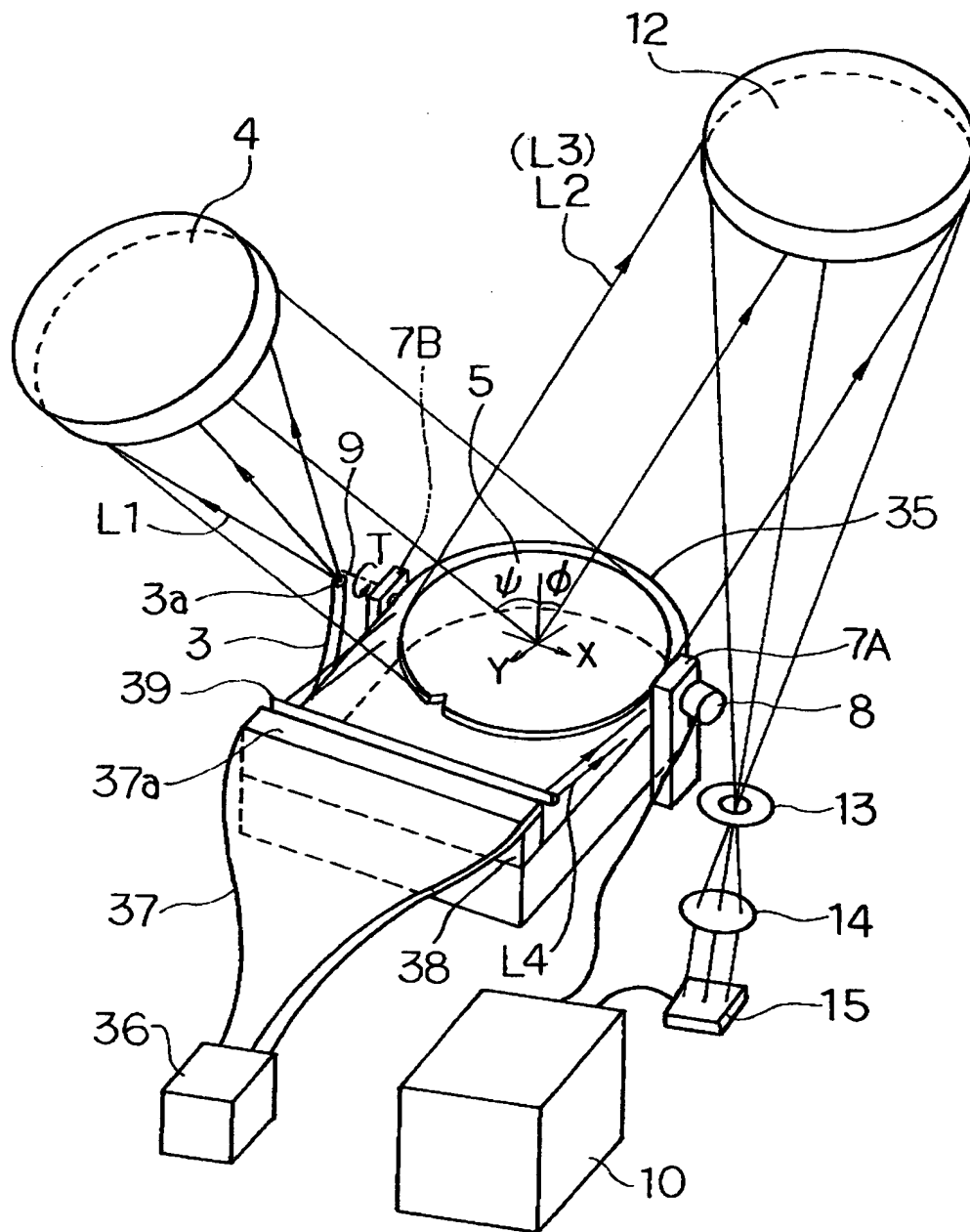




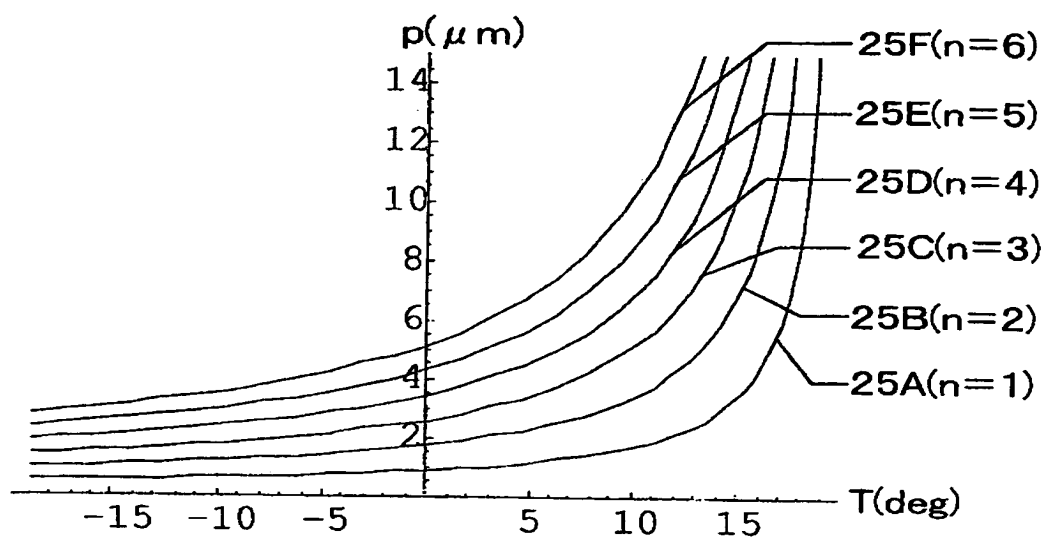
【図5】



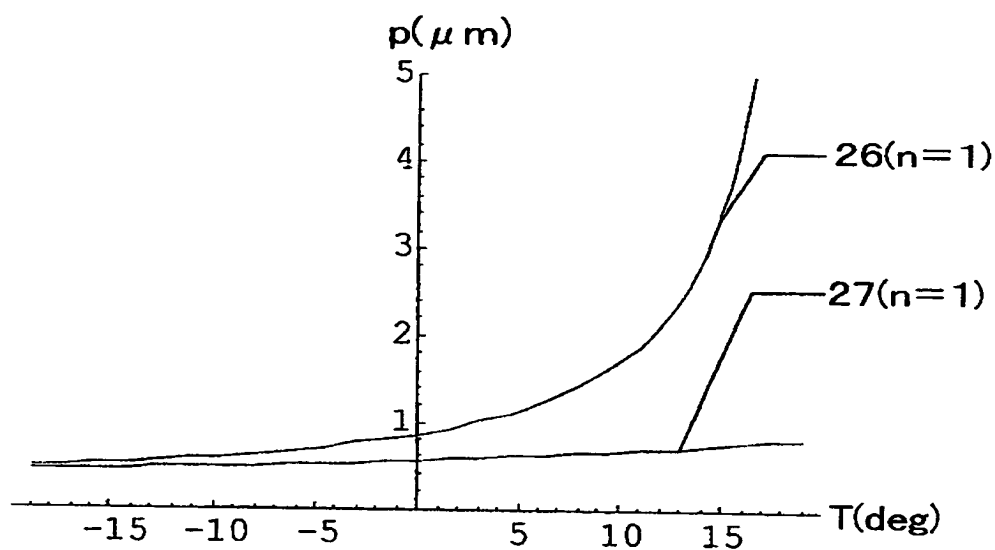
【図6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被検物体上に形成されている 1 種類、又は複数種類のパターンの欠陥等を確実に検出する。

【解決手段】 異なるピッチのパターン 23A, 23B が形成されたウエハ 5 がチルトステージ 6 上に保持されている。光源 1 ～凹面鏡 4 よりなる照明系によってウエハ 5 の表面にほぼ平行な照明光を入射角  $\phi$  で照射し、ウエハ 5 の表面から反射角  $\phi$  で発生する回折光を凹面鏡 12 ～撮像素子 15 よりなる受光系で受光して、ウエハ 5 の像の画像データを得る。パターン 23A, 23B のピッチに応じてチルトステージ 6 のチルト角  $T$  を複数に切り換えてそれぞれ画像データを得ると共に、各チルト角での欠陥等の情報の論理和を求める。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン